

AI チャレンジ研究会(第 65 回)

Proceedings of the 65th Meeting of Special Interest Group on AI Challenges

CONTENTS

- 大規模マルチモーダルモデルを用いたロボカップサッカー標準プラットフォームリーグにおける自動実況システム 1
大橋 玲音[†], 坪倉 和哉[‡], 小林 邦和[†]
[†]愛知県立大学 情報科学部, [‡]愛知県立大学 大学院 情報科学研究科

- ロボット走行時のブレを考慮した ArUco マーカー読み取りに対する誤り訂正の提案と評価 6
中嶋 洸介, 田邊 稜汰, 安田 尚平, 長島 健留, 植村 涉
龍谷大学

日時: 2024年4月28日

場所: 滋賀ダイハツアリーナ

SHIGA DAIHATSU ARENA, April 28th, 2024

一般社団法人 人工知能学会

Japanese Society for Artificial Intelligence

大規模マルチモーダルモデルを用いたロボカップサッカー標準プラットフォームリーグにおける自動実況システム

Development of an Automatic Live Commentary System for the RoboCup Soccer Standard Platform League using a Large Multimodal Model

大橋 玲音¹ 坪倉 和哉² 小林 邦和^{1*}
Reon OHASHI¹, Kazuya TSUBOKURA², Kunikazu KOBAYASHI¹

¹ 愛知県立大学 情報科学部

¹ School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

² 愛知県立大学 大学院 情報科学研究科

² Graduate School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

Abstract: ロボカップの試合は、人間のサッカーのルールと比べ複雑であり、競技者ではない観客にとって見どころやルールの把握が困難である。試合の実況・解説を行うことで、見どころやルールの把握が容易になり、観客がより楽しむことができるようになると考えられる。そこで本研究では、大規模マルチモーダルモデルを用いたロボカップサッカーの実況・解説を行うシステムを提案した。本システムによって生成された実況・解説文章に対して面白さ、明瞭さ、適切さの観点からアンケートを行った。アンケートのいずれの項目においても、肯定的な結果が半数以上得られた。

1 はじめに

ロボカップは人工知能やロボット工学の発展に貢献するプロジェクトとして知られている。その中でも、ロボカップサッカーでは、ロボットが自律的にサッカーを行い、西暦 2050 年までに「サッカーの世界チャンピオンに勝てる自律型ロボットのチームを作る」という目標に向けて研究や開発が進められている [1, 2]。

人間同士のサッカーにおいては、人間により実況や解説が行われ、サッカーに詳しくない人でも観戦を楽しむことが可能である。同様に、ロボカップサッカーにおいても実況や解説を行うことで、競技やルールに詳しくない人でも観戦を楽しむことができるようになると考えられる。ロボカップサッカーは人間のサッカーのルールを参考している部分も多いが、文献 [1, 2] でも説明されているように、各リーグ独自のルールが定められているため、人間のサッカー以上にルールの把握が困難である。ロボカップでは、一般の来場者が観戦することもを想定しているため、実況・解説を行うことで観客に試合を楽しんでもらうことは、ロボカップの活動への注目や興味を喚起するうえでも重要である。

これまで、シュミレーションリーグで実況・解説シス

テムが提案されていた [4, 5]。また、標準プラットフォームにおいても提案されているが、パスやシュートなどのロボットの行動に対する認識および自然な実況・解説文の生成が課題となっている [6]。そこで、本研究では、大規模マルチモーダルモデルを利用して、行動に対する認識および自然な実況・解説文の生成が可能なロボカップサッカー標準プラットフォームを対象とした実況・解説システムを提案する。これらの実況・解説文の生成及びロボットの行動に対する認識を大規模マルチモーダルモデルを用いて解決する。

以下、2 章では提案手法について述べる。3 章では提案手法の評価を行う。4 章で今後の課題について述べ、5 章でまとめを述べる。

2 提案手法

本章では、大規模マルチモーダルモデルを利用した試合状況の認識および実況・解説文の生成手法について述べる。

2.1 大規模マルチモーダルモデル

大規模言語モデル (Large Language Model, 以下 LLM と略記) は、膨大なテキストデータから言語の規則性を

*連絡先: 愛知県立大学 情報科学部
〒480-1342 愛知県長久手市茨ヶ廻間1522-3
E-mail: kobayashi@ist.aichi-pu.ac.jp

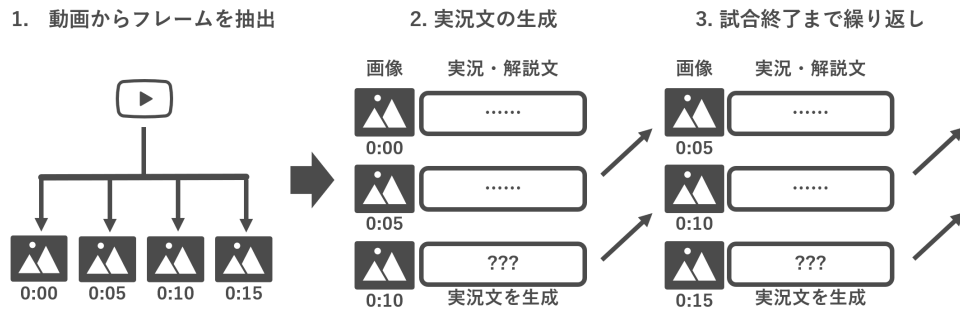


図 1: 実況・解説ロボットシステムの概要

学習することで、様々な言語タスクを実行できる人工知能モデルである。代表的な LLM として、GPT(Generative Pre-trained Transformer) シリーズ [7, 8], BERT(Bidirectional Encoder Representations from Transformers) [9] などが存在する。

また、大規模マルチモーダルモデル (Multimodal Large Language Model, 以下 MLLM と略記) は、テキストだけでなく画像などの複数のモダリティからも学習することで、テキスト以外に対するタスクにも対応した言語モデルを指す。代表的な MLLM は OpenAI の GPT-4v[10] や Google の Gemini シリーズ [11], Anthropic の Claude 3 シリーズ [12] が存在する。これらの MLLM はテキストに対するタスクだけではなく、画像に対するタスクも実行することができる。

本システムでは、これらの MLLM に対して、試合の画像を入力として与え、状況に適した実況・解説文を生成する。

2.2 実況・解説文の生成手法

本節では、提案手法の具体的な手順 (図 1) を示す。

まず、試合映像を定期的なインターバル (例えば 5 秒) でフレームを抽出し、各フレームは画像として保存する。

次に、実況・解説文の生成を行うために、システムプロンプト、対象フレームの直前の 2 フレームの画像、および直前の 2 フレームに対応する実況・解説文を入力として使用する。

具体的には、まず時刻 $t = 0$ および $t = 1$ の画像、実況・解説文を入力とし、 $t = 2$ 時点の実況解説文を生成する。その後、 $t = 1$ および $t = 2$ 時点の画像、実況・解説文を入力とし、 $t = 3$ 時点の実況解説文を生成する。この処理を試合終了まで繰り返すことで、連続した実況・解説文を生成する。本手法の利点は、前フレームの情報と生成文を含めることで、より継続性のある実況・解説文を生成することが期待できる点にある。なお、 $t = 0$ フレームについては前のフレームの生成文を用いず、システムプロンプトのみを用いて文章を生成

し、 $t = 1$ フレームについては $t = 0$ フレームの生成文一つのみを用いて文章を生成する。

さらに、生成した文章を、別のプロンプトを用いてさらにモデルで生成することで、最終的な実況・解説文を得る。

3 評価・分析

本節では、提案手法を実際の試合映像に適用して実況・解説文の生成を行い、その品質の評価や特徴の分析を行う。また、生成文の正確性を人手で評価することで、システムの性能を評価する。使用した MLLM は GPT-4v および Claude Sonnet である。

評価に使用する映像は、RoboCup 2023 の決勝戦における B-Human 対 HTWK Robots のサッカー標準プラットフォームリーグの試合¹の最初の 1 分間を選定した。画像分割のインターバルは 5 秒である。用いたシステムプロンプトを表 1 に示す。また、GPT-4v によって生成された文章を表 2 に、Claude Sonnet[12] によって生成された文章を表 3 にそれぞれ示す。GPT-4v, Claude Sonnet の使用は API を用いて行った。一つの実況・解説文の生成には GPT-4v, Claude Sonnet ともにおよそ 20 秒かかった。

生成文の評価のために、面白さ (字幕の文章は試合を観戦するうえで面白みがあるか)、明瞭さ (字幕の文章は試合を観戦するうえでわかりやすいか)、および適切さ (字幕は試合の状況を適切に表現できているか) という 3 つの観点で大学生 6 名に生成した実況・解説文を字幕として動画に適宜挿入した映像を見てもらってアンケートを実施した。GPT-4v と Claude Sonnet によるアンケート結果を表 2 と 3 に示す。

GPT-4v, Claude Sonnet ともに、面白さ、明瞭さ、適切さすべての項目に対して半数以上がとても当てはまるもしくはやや当てはまると回答した。

¹<https://www.youtube.com/watch?v=5JhxYgBN6AA>

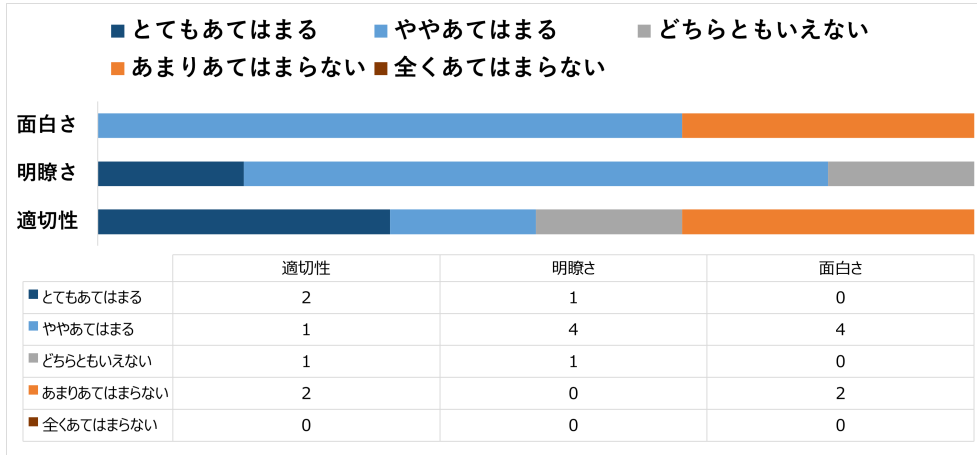


図 2: GPT-4v によるアンケート結果

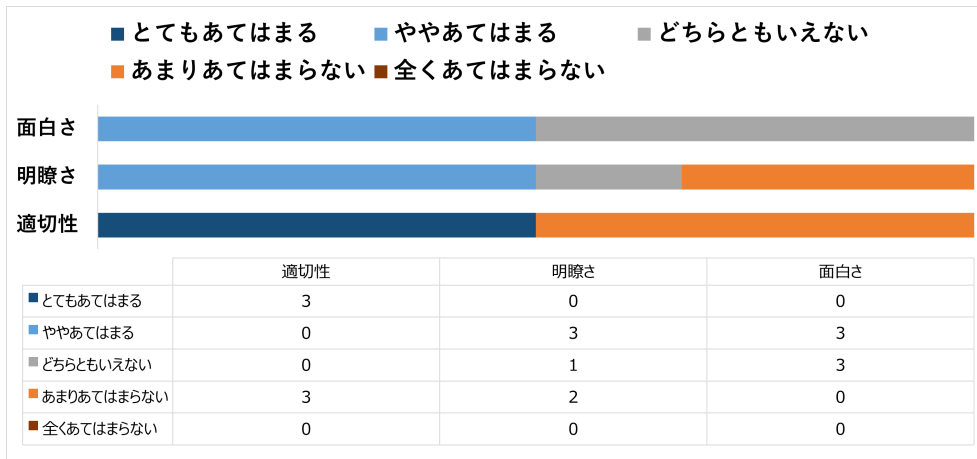


図 3: Claude Sonnet によるアンケート結果

4 まとめ

本研究では、ロボカップサッカーの標準プラットフォームリーグにおいて、MLLM を用いて自動で試合の実況・解説を行うシステムを提案した。また、提案したシステムによって生成された実況・解説文章に対して面白さ、明瞭さ、適切さの観点からアンケートを行い、いずれの項目においても、肯定的な結果が半数以上得られた。

今後の課題について、現在の生成文は、一般的な説明的な文体に偏っており、口調や表現が自然ではない。特に、スポーツ実況のような出来事を伝える文には、感嘆詞などを用いたより自然な表現が必要であると考えられる。このため、言語モデルの学習データの拡充や、より自然な表現を推定するためのファインチューニングなどによるモデルの改善が必要である。また、実況文章を音声で出力する場合、適切な長さの文が必要であり、生成された文が長すぎる場合や短すぎる場合には理解しにくい文章となる。そのため、文章の長さの制御を行

う方法が必要である。さらに、生成された実況文の正確性を高めるためには、画像に対する認識精度を高める必要がある。現在の認識技術では、認識精度が不十分な可能性がある。最後に、推論速度についても課題が存在する。実況文をリアルタイムで生成するためには、モデルの推論速度が重要である。現在のモデルでは、リアルタイムで実況を行うほど高速に推論することができない。

参考文献

- [1] 野田 五十樹, 南方 英明, 小林 邦和, 杉浦 藤虎, 武村 泰範, 秋山 英久, 岡田 浩之, ロボカップ西暦 2050 年を目指して (その 1), 知能と情報, Vol.29, No.1, pp.2-13, 2017.
- [2] 奥川 雅之, 伊藤 暢浩, 岡田 浩之, 植村 渉, 高橋 友一, 杉浦 孔明, ロボカップ西暦 2050 年を

表 1: システムプロンプト

プロンプト	内容
文章生成	あなたはロボットサッカーを実況・解説を行う AI です。5 秒ごとに試合の画像が与えられるので、その間の実況・解説の文章を生成してください。文章はボールの動きに注目して簡潔に出力してください。なお、画面下部に残り時間及びチームの得点が表示されています。
文章変形	“プロンプト 1 で生成した文章 “ 上記の文章を実際の実況のように変換してください。文章は 5 秒で発話できるぐらい短くしてください。文章だけを出力してください。

- 目指して (その 2), 知能と情報, Vol.29, No.2, pp.42-54, 2017.
- [3] 浅田 稔, ロボカップサッカーにおける科学技術チャレンジ, 日本ロボット学会誌, Vol.38, No.4, pp.323-330, 2020.
- [4] K. Tanaka, H. Nakashima, I. Noda, K. Hasida, I. Frank and H. Matsubara, “MIKE: an automatic commentary system for soccer,” Proceedings International Conference on Multi Agent Systems, pp. 285-292, 1998.
- [5] E. André, K. Binsted, K. Tanaka-Ishii, S. Luke, G. Herzog and T. Rist, “Three RoboCup Simulation League Commentator Systems,” AI Magazine, Vol.21, No.1, pp.57-66, 2000.
- [6] 大橋 玲音, 坪倉 和哉, 小林 邦和. ロボカップサッカーにおける実況・解説ロボットシステムの提案. 第 62 回 人工知能学会 AI チャレンジ研究会, No.Sig-Challenge-062-03, pp.11-14, 2023.
- [7] BROWN, Tom, et al. Language models are few-shot learners. Advances in neural information processing systems, 33: 1877-1901, 2020.
- [8] OUYANG, Long, et al. Training language models to follow instructions with human feedback. Advances in neural information processing systems, 35: 27730-27744, 2022.
- [9] DEVLIN, Jacob, et al. Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. arXiv preprint arXiv:1810.04805, 2018.
- [10] GPT-4 Technical Report, <https://cdn.openai.com/papers/gpt-4.pdf>, (cited-2024-04-09).
- [11] TEAM, Gemini, et al. Gemini: a family of highly capable multimodal models. arXiv preprint arXiv:2312.11805, 2023.
- [12] The Claude 3 Model Family: Opus, Sonnet, Haiku. <https://www.anthropic.com/news/claude-3-family>. (cited 2024-04-09)

表 2: GPT-4v による生成文

時間	生成文
0:00	キックオフ！B-Human がどんな戦略を見せるか、注目です！
0:05	キックオフから数秒、B-Human がボールを前進！ポジショニングが鍵を握る。HTWK Robots、防御態勢で対応！
0:10	B-Human が攻め込む！HTWK の守備を破れるか!? まだ決定機なし！ロボットたちが戦略的に動く！
0:15	B-Human がボール支配、HTWK が堅い守備！激しい攻防、次の得点チャンスが勝負の分かれ目！
0:20	HTWK が攻撃へ！B-Human は守備を固めるが、次の一手が勝負を決めるかも！
0:25	HTWK が攻撃！B-Human のディフェンスは堅い！ボール争奪戦が中央で続く！どちらがコントロールを握るか！
0:30	HTWK が攻めるも B-Human 堅守！ボールは中央で膠着、次の一手に期待！
0:35	HTWK が攻めるも B-Human 堅守！カウンター狙う！次の一手が勝負だ！
0:40	HTWK が攻めるも B-Human 堅守！ボール中央、両チーム得点狙う！
0:45	HTWK が前進、B-Human のゴール目前！ディフェンスを突破なるか？左サイドから攻撃激化！状況変わるかも！
0:50	プレイ再開間近！B-Human のキックオフ、HTWK Robots の対応は？攻撃の流れを掴めるか!?
0:55	HTWK Robots のキックオフ！攻撃のチャンスを狙う！B-Human は堅守！プレイ再開、どちらが優位か!?

表 3: Claude Sonnet による生成文

時間	生成文
0:00	試合開始間もなく、ボールは青チームのロボット側にあり、赤チームがディフェンスに構えています。両チーム相手を注視し、次の展開を待っています。
0:05	キックオフで赤チームがスタート。両チームのロボットが動き出しポジショニングを変える。青ロボットがボールを持ち前線で攻撃を狙う。互いにチャンスを窺う展開に。
0:10	ボールは青チームの手に、赤チームがディフェンスで包囲しています。青チームはパスを狙うがスペースが作れず、両チームが攻防を繰り返しています。
0:15	青のロボットがボール保持、赤チームがプレスをかけるも青はパスを通す。中盤でボールキープを続け、次の機会を窺う緊迫した攻防が続いている。
0:20	混戦状況が続く中で、ボール奪取の激しい攻防が交わされている。
0:25	青チームがボール確保、攻撃機会を狙う。ロボット達が機敏にポジショニングを変え、前線へパス！赤チームの守備陣が食い止めに動くが、青チームはシュートを狙う。両チームの緊迫した動きが場内の空気を引き締める。
0:30	ゴール前で青チームが攻めています。パスを回しながらシュート狙っています。赤チームは守備を固め必死です。双方のロボットがぴったりとマークし合い、得点の瞬間を窺っています。
0:35	ボールは中盤に、両チームが新たな構えへ。青は攻勢をにらみ、赤は守りを固めカウンター狙う。
0:40	青チームの素晴らしいパスワークによる猛攻が赤チームの守りを崩そうとしています。中盤でボールを奪い合う熱い攻防が続く、いつ形勢が変わるかわかりません。青チームの猛攻に注目です！
0:45	ミドルでボールがこちら行ったり行ったり、双方ロボットが押し込む形に。青チーム数的優位も赤チームの守備がタフ。両者ボール支配権を争い激しく当たり合い、白熱した攻防が続く。隙を突けば展開が動きそう。
0:50	ゴール前で熱い攻防が続く。青チームシュートに狙うが、赤ディフェンスがしのぐ。しかしキックオフで青に新たな攻撃のチャンス。試合はいつ動くかわからない混戦模様だ。
0:55	ムードル地帯でボールがかろうじて保たれている。青チームのロボットがパス回しで地域伸展をねらうが、赤チームの集中マーキングで前進が阻まれている。

ロボット走行時のブレを考慮した ArUco マーカー読み取りに対する誤り訂正の提案と評価

About an Error Correcting Method for a Mobile Robot to Detect ArUco Markers

中嶋 洸介¹ 田邊 稜汰¹ 安田 尚平¹ 長島 健留¹ 植村 渉^{1*}

Kosuke Nakajima¹, Ryota Tanabe¹, Shohei Yasuda¹, Nagashima Takeru¹ and Wataru Uemura¹

¹ 龍谷大学

¹ Ryukoku University

Abstract: A self-localization method using markers is one of the estimating methods for a robot location. Although the accuracy is not particularly high due to the influence of camera resolution, it is often used for estimation during movement because of its low error variance. Typically, the camera is located facing forward on the robot, however the number of visible markers does not change significantly during forward motion. Therefore, locating the camera to the side of the robot could increase the number of visible markers. However, this may lead to increased camera blur due to robot motion.

In the RoboCup Logistics League, ArUco markers are used, which have error correction capability of one cell. This paper focuses on the horizontal blurring occurring during the movement of the mobile robot and proposes a method to enhance error correction capability by using it only in the horizontal direction. Through robot running experiments, we achieved a performance improvement of sevenfold compared to when error correction was applied to the entire system.

1 はじめに

第四次産業革命により工場のオートメーション化が進み、大量生産大量消費の時代から、変種変量生産を経て、少量多品種の生産体制へと移り変わっている。様々な種類の製品を同じ工場で製造するためには、多様な生産ラインが混在することになり、そのラインを流れる製品の搬送や、ラインに組み付けるための部品の搬送を効率良くプランニングする必要がある。

このような場面を扱った自律移動ロボットの競技大会としてロボカップロジスティクスリーグ [1, 2, 3, 4] (RoboCup Logistics League: RCLL) がある。このリーグでは、ラインをモジュール化したシステムを採用しており、製品の加工作業内容に応じた加工モジュールを搭載したシステムが用意されている。製品だけでなくそれに組み付ける部品も複数の加工モジュールを経由する必要があるため、複雑な組み合わせを考える必要がある。これら加工モジュールを Module Production System (MPS) と呼ぶ。生産プランは MPS 単位で加工の流れを考えることになる。フィールド上にランダム

に配置された複数の MPS に、自律移動ロボットが製品や部品を柔軟に搬送する必要がある (図 1)。

移動式ロボットが走行する際には自己位置推定が必要となる。自己位置推定の方法の一つとしてマーカーを用いる方法がある。大会では MPS の側面にマーカーが貼られていて自己位置推定に使うことができるが、これは MPS の種類を示すためのマーカーになっている。

マーカーでの自己位置推定は、画像内のマーカーの位置からマーカーに対する角度を、マーカーの大きさからマーカーまでの距離を算出する。そして、マーカーのセルの白黒のパターンから ID を算出し、マーカーの座標を手に入れる。これらの情報からロボットの座標を計算することができる。このとき、画像内のマーカーの位置や大きさが離散的であることから、算出される値も離散的になり誤差が生じる。しかし、誤差の分散が小さいため実用的な範囲である。

ここで、これらの誤差の影響を考える。ロボットの座標に対する誤差 ($\Delta x, \Delta y$) は、走行後もそのまま到着座標の誤差として現れるので、影響力は変わらない。一方で、ロボットの角度に対する誤差 $\Delta \theta$ は、走行距離に比例して本来の座標からの差として現れるため問題である。これを解決するためには、自己位置推定を

*連絡先：龍谷大学先端理工学部電子情報通信課程
〒520-2194 滋賀県大津市瀬田大江町横谷 1-5
E-mail: wataru@rins.ryukoku.ac.jp



図 1: RCLL の競技で用いるフェスト社製の全方位移動式ロボット Robotino

再度行う必要がある。走行中に自己位置推定をすると、撮影した画像に進行方向に対するブレが発生する。

ここで、カメラの取り付け位置について考える。当然ながらマーカを用いて自己位置推定を行うには、マーカが見える必要がある。MPS はフィールド上にランダムに配置されるため、ロボットの周囲に存在する MPS の分布確率は一様である。しかし、走行時のロボットは前方に障害物がない経路を選んでいるので、ロボット前方における MPS の分布確率は他の方向と比べると少なくなる。そこで、ロボットの側面にカメラを取り付けて自己位置推定する場合を想定する。このとき、走行時に発生する撮影画像のブレは左右水平方向に生じると考えられる。

大会では ArUco マーカーを使用しており、それらマーカの白黒パターンはハミング距離が 3 以上離れているため、1 マスの誤りに対する訂正能力を持っている (図 2 参照)。これは、白黒パターン全体に対する訂正能力であるが、本研究では、水平移動にブレが生じることに注目し、水平方向のマス目に対して訂正能力を適用する方法を提案する。これにより、全体に対する訂正能力よりも強力な訂正能力を持つことが期待できる。移動式ロボットの走行中にマーカを撮影し、従来の方法とタグの認識率を比較し評価を行う。

第 2 章では、ArUco マーカーとハミング符号について説明し、走行中にマーカを撮影した際に生じる問題点について説明する。第 3 章では、走行中のブレが



図 2: RCLL で用いる MPS とそれに貼り付けた ArUco マーカー

マーカの水平方向に発生することに注目し、ArUco マーカーの行方向の特性を調べ、行方向に対する誤り訂正方法を提案する。第 4 章では、本提案手法の性能を評価するために、実際にロボットを走行させブレが生じる画像に対するタグの認識能力を測定する。そして、第 5 章で本研究のまとめと今後の課題について述べる。

2 ArUco マーカーと誤り訂正能力

2.1 ArUco マーカー

ArUco マーカーは、二次元バーコードの一種である。マーカーの中のマス目は同一サイズの正方形のみとなっており、その白黒のパターンがタグ番号と対応するようになっている。白黒のパターンは、 5×5 マスの構成において全ての組に対してハミング距離が 3 以上になることを満たした 1024 個のパターンの集合 (DICT_ARUCO_ORIGINAL) をベースとしている [5, 6, 7]。この集合を元にパターンを変えたり、誤り訂正能力を変えたりしたパターンを生成して辞書として使えるようにしている。本研究では、ベースである 5×5 マスの DICT_ARUCO_ORIGINAL を対象とする。

2.2 ハミング符号

ある符号が n ビットの誤り訂正能力を持つためには、全ての符号間のハミング距離が $2n + 1$ 以上となる必要がある。DICT_ARUCO_ORIGINAL のマーカーでは、最小ハミング距離が 3 であるため、1 マスの誤りに対して正しいマスの情報に訂正することが可能である。

2.3 走行中に撮影したマーカー

移動式ロボットが走行しながら ArUco マーカーを撮影すると、走行方向にブレが生じ、マス目の白黒を誤認識しやすくなる。

ロボットの側面にカメラを付けた場合は水平方向（行方向）のブレが生じることになる。また、ブレが生じる環境の場合は、ある行だけで生じるのではなく、全ての行で同じようにブレが生じるため、誤認識が生じるときは 1 マスだけでなく行の数に応じて影響を受けるマス目が増える。そのため、1 マスの誤り訂正能力では対応が難しくなる。

そこで本研究ではブレが生じる方向に注目し、それぞれの行に対して誤り訂正能力を使うことで、このブレの影響の軽減を目指す。

3 行に対する誤り訂正方法の提案

走行中に撮影した ArUco マーカーのブレに対して、水平方向に誤り訂正を行うことで、走行中のブレに強いマーカー検知手法を提案する。具体的には、ArUco マーカー全体に対してハミング符号を計算するのではなく、1 行ずつに対してハミング距離が近い正答の符号に置き換える方法を提案する。

まず、ArUco マーカーで使われている符号について調べる。各行で使われている 5 ビットの符号パターンは、10111, 10000, 01110, 01001 の 4 パターンのみである。この 4 パターンで 5 行の符号を作ると、 $4^5 = 1,024$ 通り作ることができ、これは DICT_ARUCO_ORIGINAL のパターン数と一致する。

この 4 パターン間のハミング距離は 3 と 4 であり、最小ハミング距離は 3 である。一方で、4 となる組み合わせも存在することから、パターンによっては 2 ビットの誤りを検出できる可能性を持っていることがわかる。

撮影したマーカーを符号化し、それぞれの行に対して上記 4 つの符号とのハミング距離を考える。そして、一番ハミング距離の小さい符号と置き換えることで、誤り訂正が実現できる。

この場合、各行で 1 ビットの誤りを訂正できるため、最大で 5 ビットの誤りを訂正できることになり、その時は従来の 5 倍の訂正能力を持つことになる。

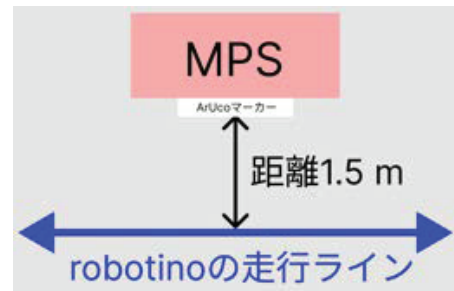


図 3: 移動式ロボット robotino と MPS に入りつけたマーカーとの位置関係



図 4: 走行しながら撮影した写真

4 走行中のマーカー認識評価実験

4.1 実験方法

行毎に誤り訂正を行うことで、走行中のマーカーの認識率がどれくらい変わるかを調べる。ArUco マーカーを MPS の左右中心で地面からは 50cm の位置に用意する。ロボットには高さ 50cm の位置にカメラとして Logicool 社製の C920 を取り付ける（図 1 参照）。ロボットは全方位移動可能ロボットで、Festo 社製の Robotino 3 を用いる。ロボットは MPS から 1.5m 離れたところを MPS に対して平行に走行し、カメラは走行方向に対して 90 度横を向いた状態で MPS のマーカーを撮影する（図 3 参照）。ロボットの走行速度は、0.6m/s とする。この状態でタグを 1,150 枚撮影する。撮影した写真とタグの領域の認識結果を図 4 と図 5 に示す。

このデータセットに対して、ArUco マーカーとしてハミング距離の近いマーカーを抽出する従来の方法と、1 行ずつに分割して使用している符号に一番ハミング

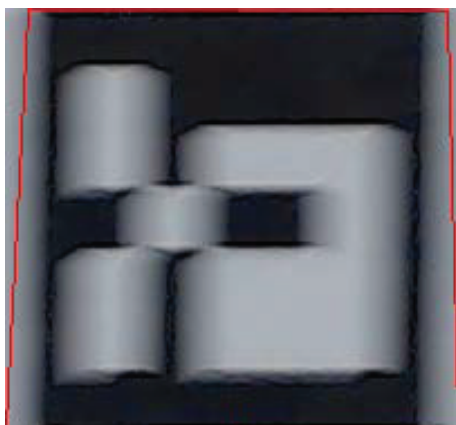


図 5: 走行中に撮影した画像からタグの領域を抽出した結果

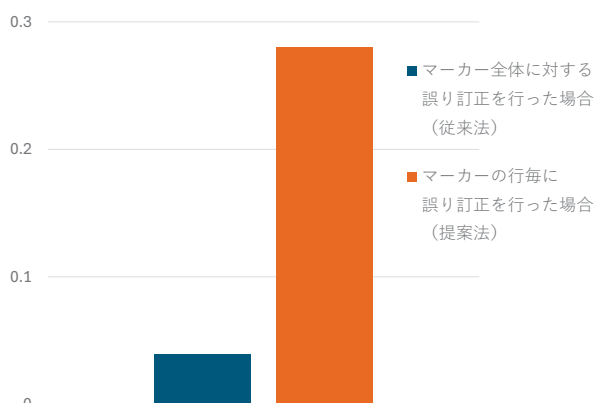


図 6: 走行中に撮影した写真に対する認識率

距離が近いパターンに置き換えてから、マーカーのパターンを抽出する提案方法との認識率を比較する。

4.2 実験結果

マーカーの認識結果を図 6 に示す。マーカー全体に対して誤り検知を行う従来法では、1150 枚中 45 枚を正しく認識した。一方、マーカーを行に分割して各行に対して誤り検知を行う提案法では、1150 枚中 322 枚を正しく認識した。提案法を用いると、認識率が 7 倍近く向上したことがわかる。

5 まとめと今後の課題

移動式ロボットのマーカーを用いた自己位置推定に対して、撮影したマーカー画像に走行方向のブレが生じるため、それを考慮した誤り訂正方法を提案し実装した。従来のマーカー全体に対する誤り訂正方法に対

して、提案する行毎に対する誤り訂正方法は認識率が約 7 倍向上した。

それぞれの行においては 1 マスの誤り訂正能力しかないため、ブレが大きく 2 マス以上に影響がある場合にはマーカーを正しく認識できない。そのため、認識率としては 28% であった。それらの画像を人間の目で見ると限りでは、元の符号を推定することができそうであるため、認識率のさらなる向上が可能であると考えられる。

参考文献

- [1] RoboCup Logistics League, <https://ll.robocup.org/home/>, (2024 年 4 月 1 日 閲覧)
- [2] BabyTigers - R, <https://vega.elec.ryukoku.ac.jp/trac/wiki/BabyTigers-R>, (2024 年 4 月 1 日 閲覧)
- [3] 山北善輝, 辻和輝, 植村渉. “RoboCup Logistics League 用通信プログラムを搭載した組込機器の作成と評価”. 人工知能学会第 53 回 SIG-Challenge 研究会, pp. 14–17, (2019).
- [4] 植村 渉, “RoboCup Logistics League におけるフィールド内の障害物検知に関する一考察”, 人工知能学会第 54 回 SIG-Challenge 研究会, pp. 28–30, (2020).
- [5] Garrido-Jurado S., Muñoz-Salinas R., Madrid-Cuevas F. J., and Marín-Jiménez M. J., “Automatic generation and detection of highly reliable fiducial markers under occlusion”, *Pattern Recognition*, Vol. 47, No. 6, pp. 2280–2292, 2014.
- [6] Francisco J. Romero-Ramirez, Rafael Muñoz-Salinas, and Rafael Medina-Carnicer, “Speeded up detection of squared fiducial markers”, *Image and Vision Computing*, Vol. 76, pp. 38–47, 2018.
- [7] S. Garrido-Jurado, R. Muñoz-Salinas, F.J. Madrid-Cuevas, and R. Medina-Carnicer, “Generation of fiducial marker dictionaries using Mixed Integer Linear Programming”, *Pattern Recognition*, Vol. 51, pp. 481–491, 2016.

© 2024 Special Interest Group on AI Challenges
Japanese Society for Artificial Intelligence
一般社団法人 人工知能学会 AI チャレンジ研究会

〒162 東京都新宿区津久戸町 4-7 OS ビル 402 号室 03-5261-3401 Fax: 03-5261-3402

(本研究会についてのお問い合わせは下記にお願いします.)

AI チャレンジ研究会

主査 / 担当 幹事

植村 渉

龍谷大学 先端理工学部 電子情報通信課程

Executive Committee Chair

Wataru Uemura

Electronics, Information and Communication Engineering Course,
Ryukoku University

主 幹 事

干場 功太郎

東京工業大学 工学院 機械系

Secretary

Kotaro Hoshiba

Department of Mechanical Engineering,
Tokyo Institute of Technology

担 当 幹 事

光永 法明

大阪教育大学 理数情報教育系

Noriaki Mitsunaga

Division of Math, Sciences, and Information Technology in Education
Osaka Kyoiku University

幹 事

鈴木 麗璽

名古屋大学 大学院情報学研究科 複雑系科学専攻

Reiji Suzuki

Department of Complex Systems Science,
Graduate School of Informatics,
Nagoya University

中 臺 一 博

東京工業大学 工学院

システム制御系

Kazuhiro Nakadai

Department of Systems and Control
Engineering, School of Engineering,
Tokyo Institute of Technology

SIG-AI-Challenges web page; <https://www.osaka-kyoiku.ac.jp/~challeng/>